



LAHDEN AMMATTIKORKEAKOULU
Lahti University of Applied Sciences

SISÄTILAN RENDERÖINNIN OPTIMOINTI ANIMAATIOTA VARTEN 3DS MAX-OHJELMASSA

LAHDEN
AMMATTIKORKEAKOULU
Mediatekniikan koulutusohjelma
Teknisen visualisoinnin
suuntautumisvaihtoehto
Opinnäytetyö
31.5.2013
Timo Ketonen

Lahden ammattikorkeakoulu
Mediatekniikan koulutusohjelma

KETONEN, TIMO:

Sisätilan renderöinnin optimointi
animaatiota varten 3ds Max:ssa

Teknisen visualisoinnin opinnäytetyö, 33 sivua, 1 liitesivu

Kevät 2013

TIIVISTELMÄ

Tämän opinnäytetyön tavoitteena on esitellä 3ds Max -ohjelman eri renderöintimoottorien ominaisuuksia niiden tehokkaan hyödyntämisen ja optimoinnin näkökulmasta.

Työ käsittelee aluksi 3ds Maxin yleisiä renderöintiin liittyviä asioita, kuten renderöintimoottorien ominaisuuksia. Tämän jälkeen työ perehtyy renderöinnin optimointiin vaikuttaviin osa-alueisiin, kuten valaistukseen, materiaaleihin sekä renderöintiasetuksiin. Lähteinä on käytetty kirjoja sekä internet-sivuja jotka käsittelevät 3ds Max:n sekä mental ray -renderöintimoottorin ominaisuuksia.

Case-osiossa tavoitteena on luoda yksinkertainen 3d-animaatio, joka hyödyntää mental ray-renderöintimoottorin aikaisemmin opinnäytetyössä mainittuja optimointimahdollisuuksia.

Asiasanat: 3ds Max, renderöinti, optimointi, mental ray

Lahti University of Applied Sciences
Degree Programme in Media Technology

KETONEN, TIMO:

Interior scene rendering for
animation in 3ds Max

Bachelor's Thesis in Visualization Engineering, 33 pages, 1 page of appendix

Spring 2013

ABSTRACT

The aim of this Bachelor's thesis was to present the properties of different rendering engines in 3ds Max from the perspective of efficiency and optimization.

At the beginning the thesis will describes general rendering related features of 3ds Max, such as the properties of the rendering engines. The next parts are dedicated to aspects related to optimizing the rendering process, such as lighting, materials and rendering settings.

In the empirical part of the thesis the goal was to produce a simple 3d animation that makes use of the previously mentioned optimization techniques.

Key words: 3ds Max, rendering, optimization, mental ray

SISÄLLYS

1	JOHDANTO	1
2	RENDERÖINTI 3DS MAX -OHJELMASSA	3
2.1	Mental ray	3
2.2	Iray	5
2.3	Default scanline -renderöijä	6
3	VALOT JA VARJOT 3DS MAX:SSA	7
3.1	Valotyypit	7
3.1.1	Pistemäiset valot	7
3.1.2	Aluevalot	8
3.2	Varjotyypit	9
3.2.1	Ray Traced -varjot	9
3.2.2	Shadow Map -varjot	10
3.2.3	Ambient Occlusion -varjot	11
4	MATERIAALIT	12
4.1	Standard-materiaalit	12
4.2	Mental ray -materiaalit	12
4.3	Render To Texture -toiminto	14
5	RENDERÖINTIASETUKSET	15
5.1	Global Illumination	15
5.2	Final Gather	16
5.3	Radiosity	17
5.4	Näytteenotto	17
5.5	Liike- sekä syvyysepäterävyys	18
6	CASE: PARKKIHALLI	21
6.1	Parkkihalliprojekti	21
6.2	Ympäristön ja kappaleiden mallinnus	21
6.3	Materiaalien optimointi	23
6.4	Valaistuksen optimointi	25
6.4.1	Valo- ja varjotyyppien valitseminen	25
6.4.2	Epäsuoran valaistuksen ratkaisut	27
6.5	Renderöintiasetuksien optimointi	28
6.6	Lopputulokset	30

6.7	Yhteenveto	31
	LÄHTEET	33
	LIITTEET	34

1 JOHDANTO

Renderöinnillä tarkoitetaan vektorimuotoisen 3-ulotteisen grafiikan muuntamista 2-ulotteiseksi kuvaksi tai animaatioksi. Tämän toimenpiteen suorittaa renderöintimoottori. Autodesk 3ds Max on 3d-mallinnus- ja animaatio-ohjelmisto jossa on versiosta 2010 asti ollut integroituna kolme eri renderöintimoottoria: mental ray, Iray sekä Default Scanline -renderöijä. Tämä opinnäytetyö keskittyy näiden renderöintimoottorien optimointiin animaation renderöintiä varten. Optimoinnin osa-alueita ovat valot, varjot, materiaalit sekä renderöintiasetukset.

Valoja käytetään valaisemaan 3-ulotteisen ympäristössä olevaa geometriaa. Niitä voidaan käyttää joko ympäristön ulkopuolella sijaitsevana ulkopuolisina valoina luomaan ympäröivää valaistusta (eng. ambient light) tai ympäristössä itsessään sijaitsevana fyysisinä valonlähteinä, kuten lamput. (3ds Max help 2013)

3ds Max sisältää erilaisia tapoja laskea kappaleiden muodostamat varjot. Tekniikat eroavat toisistaan mm. niihin käytettävän laskenta-ajan sekä realistisuuden suhteen. Varjot vievät usein suuren osan renderöintiajasta joten renderöinnin optimointi edellyttää sopivien varjotyyppien valitsemista.

Kappaleille annettavat materiaalit parantavat rendattavan kuvan realistisuutta. Materiaaleja voi monenlaisia, kuten pelkkiä värejä tai teksturoituja materiaaleja kuten maalattuja pintoja, puuta, metallia tai läpinäkyviä materiaaleja. Materiaalit ja valonlähteet ovat vuorovaikutuksessa toisiinsa nähden heijastuksien, valon ”vuotamisen”, valon hajoamisen sekä kaustiikan suhteen. 3d-animaatiota optimoitaessa on otettava erityisesti huomioon valojen ja ympäristön heijastuminen materiaaleissa. (Steen 2007)

Renderöintiasetukset ovat erittäin tärkeässä asemassa 3d-animaation renderöinnin optimoinnissa. Nämä asetukset määräävät epäsuoran valaistuksen, reunanpehmennyksen eli näytteenoton, ympäristön heijastumisen ja valon hajoamisen laadun sekä efektien kuten liike-epäterävyyden sekä syvyyspäterävyyden laadun. Animaatiot eivät välttämättä vaadi yhtä laadukasta lopputulosta still-kuviin verrattuna. Esimerkiksi jatkuvassa liikkeessä oleva kamera ja kappaleet eivät vaadi yhtä tarkkaa reunanpehmennystä kuin paikallaan oleva kuva, sillä 3d-kappaleiden reunoja on vaikeampi erottaa liikkeessä. Sama

pätee myös heijastuksiin sekä tietyssä määrin myös valaistukseen.

Eri renderöintimoottoreilla on myös omat erikoistumisen kohteensa sekä omat tapansa 3-ulotteisen ympäristön käsittelemiseen. Esimerkiksi valonsäteiden kimpoilun, heijastumisen sekä hajoamisen, jotka yhdessä muodostavat globaalisen valaistuksen (eng. global illumination), tuottamiseen käytetään erilaisia tekniikoita renderöijästä riippuen. Myös useamman prosessoriytimen sekä näytönohjaimen hyödyntäminen on toteutettu eri tavoin eri renderöijillä.

Case-osiossa tarkoituksena on luoda sisätilassa tapahtuva 3d-animaatio. Osioon kuuluu sisätilan mallinnus sekä materiaalien asettaminen, valaistuksen suunnittelu sekä koko 3d-ympäristön optimointi laadun ja renderöintiajan suhteen.

2 RENDERÖINTI 3DS MAX -OHJELMASSA

2.1 Mental ray

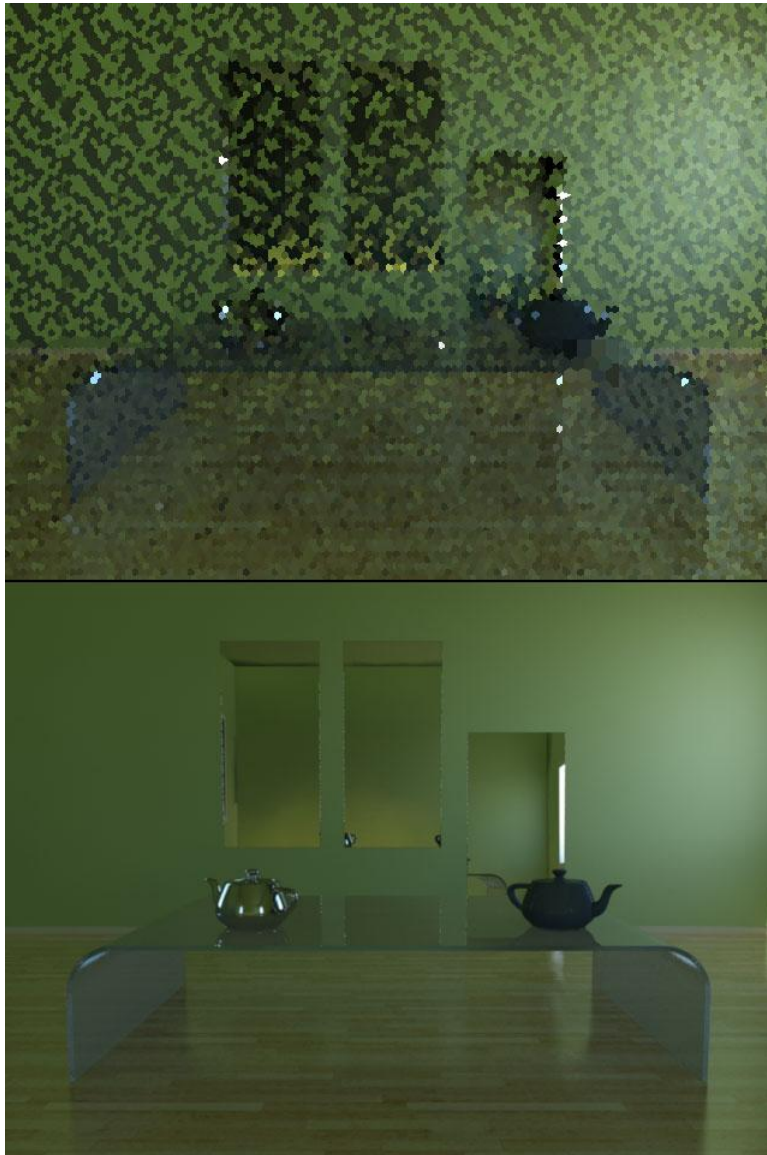
Mental ray on NVIDIA ARC GmbH:n omistaman Mental imagesin kehittämä renderöintimoottori. Sen ensimmäinen versio julkaistiin vuonna 1989 ja 3ds Max:iin integroitu versio vuonna 1999. Se perustuu säteenseuranta-tekniikkaan (eng. ray tracing), eli valonsäteen kulkeman reitin laskemiseen. Mental ray on erityisesti tarkoitettu fotorealististen kuvien luomiseen, johon se kykenee simuloimalla kameran, valojen, pintojen sekä tilan vuorovaikutusta oikeassa maailmassa. Mental ray kykenee monimutkaisiin renderöintitehtäviin, kuten epäsuoraan valaistukseen, volumetriseen valoon, valon realistiseen heijastumiseen eri tyyppisistä kiiltävistä pinnoista sekä valon hajoamiseen sen kulkiessa läpinäkyvien kappaleiden läpi. Eräitä näistä ominaisuuksista on nähtävissä kuvassa 1. (NVIDIA 2013)



Kuva 1: Kuva mental ray -renderöijällä tuotetusta animaatiosta.

Mental ray käyttää globaalin valaistuksen simuloimiseen Final Gather -ominaisuutta, joka laskee valonsäteiden reitin perustuen tilassa oleviin kappaleisiin, ja Global Illumination -ominaisuutta, joka laskee valosta lähtevien fotonien reitit sekä törmäykset. Final Gather mahdollistaa myös rendattavan kuvan valaistuksen nopean esikatselun muodostamalla valon kimpoilusta suurinpiirteisen presentaation (kuva 2).

Mental ray on käytössä laajalti eri visualisoinnin osa-alueilla, kuten arkkitehtuurissa, elokuvateollisuuden visuaalisissa efekteissä, tv-mainonnassa, teollisuuden muotoilussa ja suunnittelussa sekä videopeleissä. Sitä käyttää myös useat eri ohjelmat 3ds Maxin lisäksi, kuten Autodesk Maya, Softimage XSI, Solid Works sekä Side effects softwares Houdini. Mental rayta on käytetty elokuvissa kuten The Matrix Revolutions, The Matrix Reloaded, Star Wars: Episode II, The Hulk, Terminator 3, Fight club, Panic Room, Blade Tri-nity, The Cell sekä The Day After Tomorrow. (Livny 2007)



Kuva 2: Mental ray:n Final Gather -ominaisuuden laskema valon kimpoilu, rendausaika 5 minuuttia. Lopullisen kuvan renderöintiäika 15 minuuttia.

2.2 Iray

NVIDIA:n Iray-renderöintimoottori perustuu myös säteenseurantaan. Sen pääasiallinen tarkoitus on tuottaa fotorealistista kuvanlaatua mahdollisimman käyttäjäystävällisesti ja nopeasti. Irayn asetusten säätäminen onkin tehty mahdollisimman helpoksi käyttäjälle; käyttäjän tarvitsee yksinkertaisimmillaan vain asettaa rendaukseen käytettävissä oleva aika. Haluttaessa iray on myös mahdollista optimoida nopeampaa rendausta varten, mm. vähentämällä valonsäteiden kimpoilun määrää.



Kuva 3: iray-renderöinti. Ylemmän kuvan rendausaika 30 sekuntia, alemman 50 minuuttia.

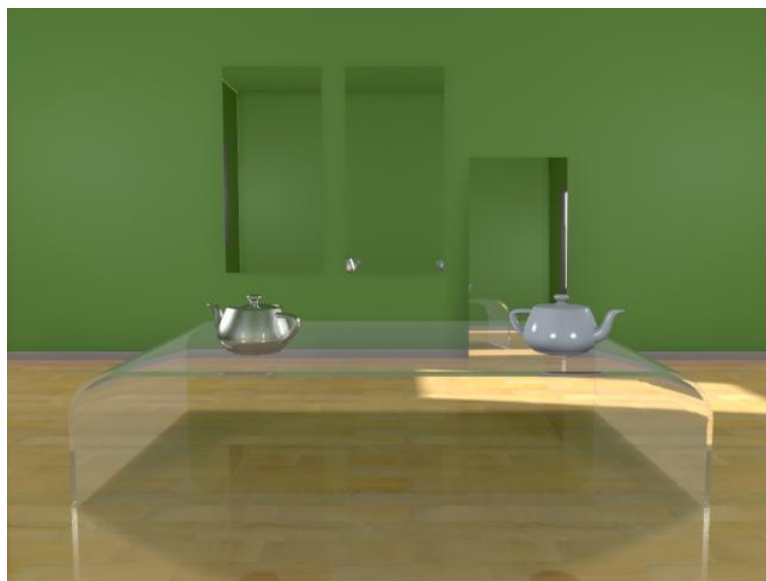
Rendatessa irayn muodostaa kuvan tasaisesti sen koko pinta-alalta joka mahdollistaa useiden prosessoriydinten hyödyn maksimoimisen sekä nopean

esikatselun rendattavasta kuvasta (kuva 3). Iray käyttää rendaukseen keskusprosessorin lisäksi myös näytönohjaimen grafiikkaprosessoria, mikä tarkoittaa käytännössä sitä, että se pystyy hyödyntämään NVIDIA CUDA-alustaan perustuvien näytönohjainten grafiikkaprosessoreita nopeuttaakseen rendasta.

Iray soveltuu käytettäväksi erityisesti arkkitehtuurilliseen visualisaatioon, valaistussuunnittelun visualisoimiseen, tuotesuunnittelun visualisaatioon sekä mainontaan. (NVIDIA 2013)

2.3 Default scanline -renderöijä

Default scanline oli 3ds Max -ohjelmiston mukana tullut oletusrenderöijä vuonna 2003 julkaistuun versioon 6 saakka. Se on monipuolinen renderöijä joka muodostaa rendattavan kuvan viivoina järjestyksessä ylhäältä alas. Default scanline ei pääasiallisesti käytä säteenseurantaa, mutta se pystyy hyödyntämään sitä erityisissä raytrace-materiaaleissa sekä raytrace-varjojen laskemisessa (kuva 4). Sen Advanced Lightning –toiminto mahdollistaa myös valon kimpoilun laskemisen joko nopealla mutta fysikaalisesti epäkorrektilla Light Tracer -toiminnolla tai hitaammalla mutta realistisemmalla Radiosity -toiminnolla. (3ds Max Help 2013)

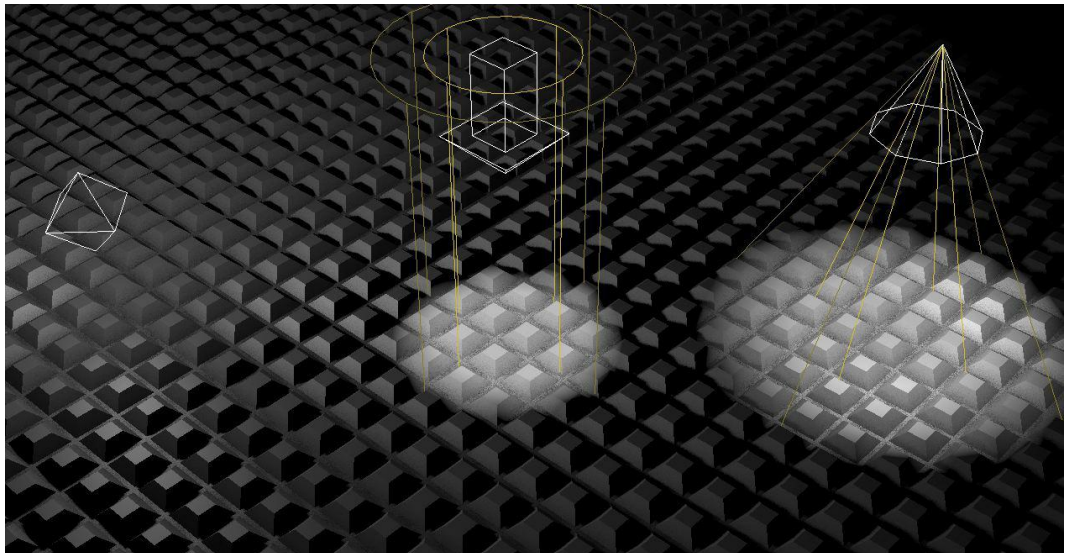


Kuva 4: Default Scanline-rendaus. rendausaika 2 minuuttia.

3 VALOT JA VARJOT 3DS MAX:SSA

3.1 Valotyyppit

3ds Maxissa on useita erityyppisiä valoja: joka suuntaan valaisevia omni-valoja, yhteen suuntaan valaisevia directional-valoja sekä kartiomaisia spot-valoja (kuva 5). Standardivalot perustuvat 3ds Maxin omaan valoyksikköön ja ne eivät eivätsimuloi oikeita valonlähteitä kovin tarkasti. Fotometriset valot puolestaan simuloivat oikeita valonlähteitä tarkemmin mm. ilmoittamalla valon kirkkauden kandeloina sekä valon lämpötilan kelvineinä. Ulkoilmavalaistuksen simuloimiseen on olemassa Daylight sekä Sunlight -järjestelmät jotka simuloivat auringonvalon perustuen sijaintiin sekä aikaan päivän, kuukauden ja vuoden perusteella.



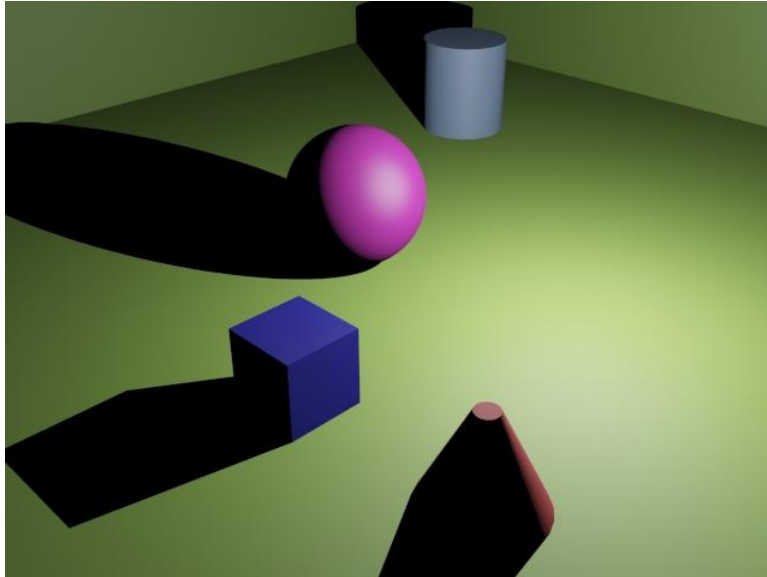
Kuva 5: Omni-valo, Directional-valo ja Spot-valo.

Valotyyppien valitsemisella on tärkeä rooli 3d-animaation optimoimisessa, sillä juuri valot muodostava usein suurimman osan renderöintiin käytettävästä prosessointitehosta sekä keskusmuistista. Mitä enemmän valoja 3d-ympäristössä on, sitä tärkeämmäksi niiden tyyppien valitseminen tulee optimoinnin kannalta.

3.1.1 Pistemäiset valot

Pistemäiset valot (eng. point light) ovat yksinkertaisin sekä renderöintiin käytettävän ajan kannalta optimaalisin valotyyppi. Pistemäisessä valossa valo

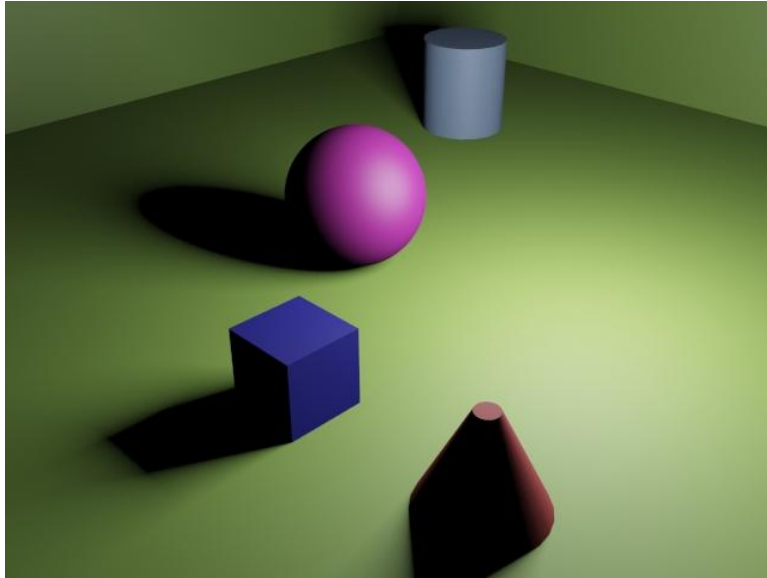
lähtee yhdestä pisteestä, joka muodostaa terävän varjon (kuva 6). Pistemäisiä valoja voidaan käyttää joko joka suuntaan säteilevänä omni-valona tai yhteen suuntaan säteilevinä kartion muotoisena spot-valona tai sylinterin muotoisen directional-valona, joka simuloi kaukaisesta valonlähteestä, kuten auringosta, tulevaa valoa.



Kuva 6: Pistemäisen omni-valon muodostamat terävät varjot.

3.1.2 Aluevalot

Aluevaloissa (eng. area light) valo lähtee määritellyn alueen pinnalta. Alue voi olla 2-ulotteinen viiva, nelikulmio tai ympyrä tai 3-ulotteinen pallo tai sylinteri. Nämä valot muodostavat pehmeitä varjoja (kuva 7), jotka ovat raskaampia laskea mutta antavat realistisemman vaikutelman laajoja valaisevia pinta-aloja sisältävästä ympäristöstä. 3-ulotteisia aluevaloja ei voi käyttää spot- tai directional-valoina itsessään, vaan ne vaativat fyysisen 3d-objektin, esim. lampunvarjostimen, luomaan spot-efektin.



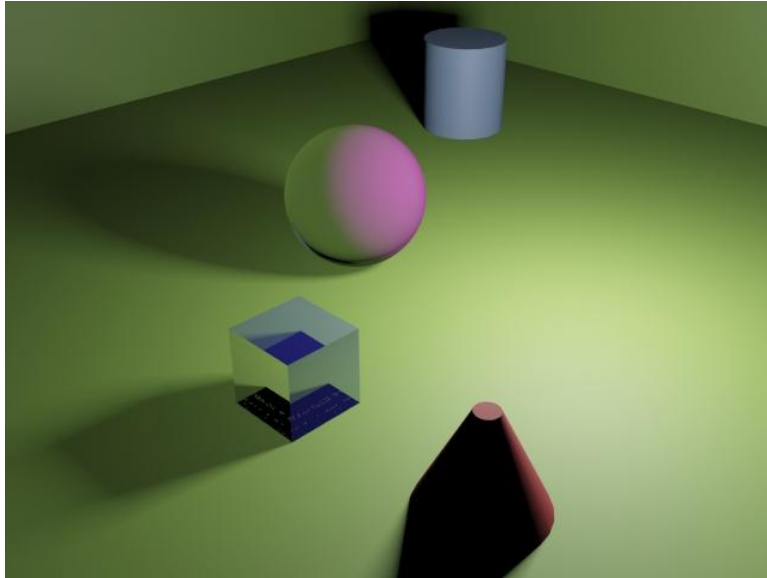
Kuva 7: Pallon muotoisen omni-aluevalon muodostamat pehmeät varjot.

3.2 Varjotyypit

3.2.1 Ray Traced -varjot

Ray Traced -varjot ovat tarkkoja ja varsinkin pehmeitä varjoja käytettäessä renderöintiajallisesti raskaita, mutta käyttävät vähän keskusmuistia. Ne ottavat huomioon mm. kappaleiden läpinäkyvyyden ja niiden värin varjoja muodostettaessa (kuva 8). Ray Traced -varjoja on mahdollista optimoida mm. Max Quadtree Depth -arvolla, jota kasvattamalla renderöintiaika lyhenee, mutta keskusmuistin käyttö lisääntyy.

Optimoidussa 3d-animaatiossa Ray Traced -varjoja on hyödyllistä käyttää silloin, kun pistemäisen valonlähteen, kuten auringon, muodostamat varjot ovat selkeästi nähtävissä etualalla. Tarkkuutensa ansiosta Ray Traced -varjot sisältävät usein vähemmän realistista vaikutelmaa vähentäviä virheitä kuin esim. Shadow Map -varjot, joissa saattaa näkyä alhaisen resoluution vuoksi mm. ”sahalaitoja” (kuva 9). (Raytracing 2013)

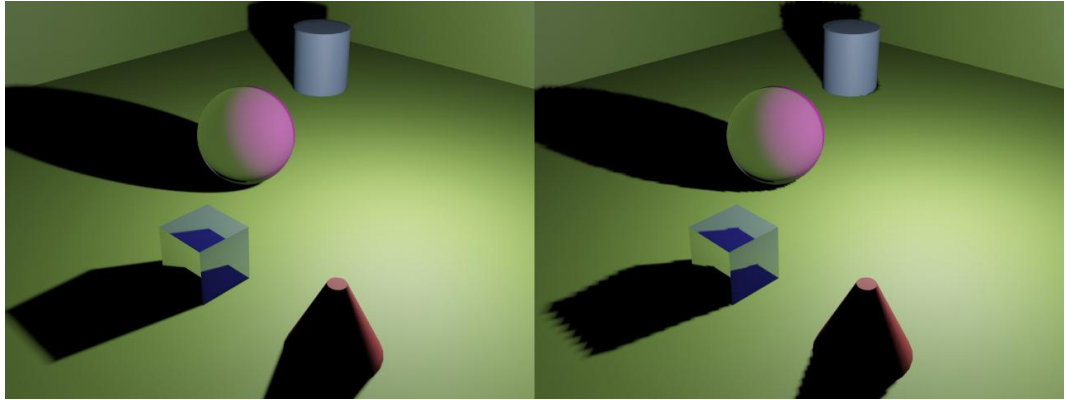


Kuva 8: Ray Traced -varjot läpinäkyvissä kappaleissa.

3.2.2 Shadow Map -varjot

Shadow Map on renderöintiajallisesti optimaalisin varjotyyppi, mutta se käyttää enemmän keskusmuistia. Shadow Map -varjot eivät myöskään ota huomioon kappaleiden läpinäkyvyyttä, mutta varjojen tummuutta on mahdollista muuttaa valokohtaisesti. Shadow Map -varjojen tarkkuus määritellään Map Size -arvolla, joka määrää varjon resoluution; mitä suurempi Map Size, sitä tarkempi varjosta tulee (kuva 9). Map Size -arvon suuruus vaikuttaa enemmän käytettävään muistiin kuin rendausaikaan.

Aluevaloissa käytettynä Shadow Map -varjot eivät muodosta pehmeitä varjoja, mutta niiden reunoja on mahdollista pehmentää käyttämällä Sampling Range -arvoa, joka ottaa näytteitä määrätyltä alueelta varjon reunoilta muodostaen tasaisesti pehmeän varjon. (3ds Max help 2013)

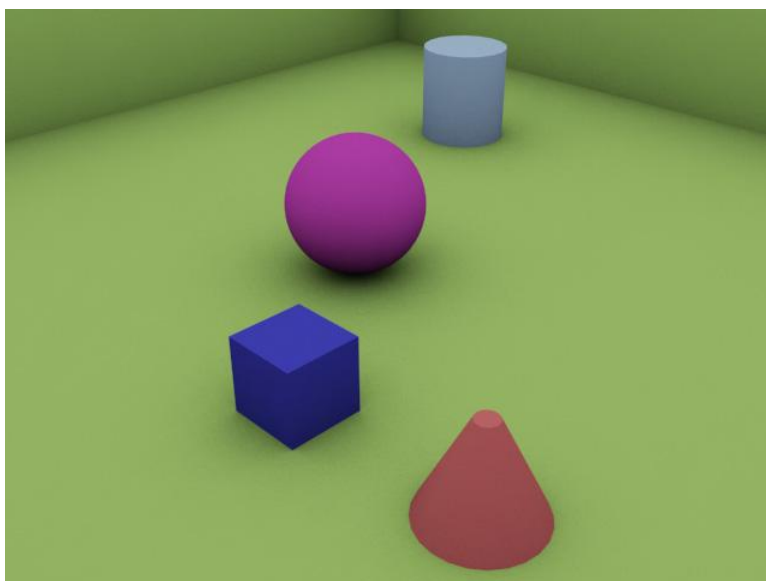


Kuva 9: Shadow Map -varjot. Vasemmalla Map Size arvolla 5000, oikealla arvolla 500.

3.2.3 Ambient Occlusion -varjot

Ambient Occlusion -varjot eivät ole fysikaalisesti korrekteja varjoja, vaan ne luodaan vain kappaleiden pintojen perusteella. Mitä lähempänä toisiaan kappaleiden pinnat ovat, sitä vähemmän kappaleen pinnalle pääsee ympäröivää valoa (kuva 10). Varsinaiset valot eivät vaikuta Ambient Occlusion -varjoihin, mutta käyttämällä mm. mental ray Light Shader -toimintoa on mahdollista rajoittaa Ambient Occlusion -varjot vain suorien valojen muodostamiin varjoihin.

Ambient Occlusion -varjoja voidaan käyttää simuloimaan epäsuorasta valaistuksesta aiheutuvia varjoja. Optimoidussa animaatiossa on usein tehokkaampaa käyttää näitä varjoja fysikaalisesti oikean valon kimpoilun sijaan.



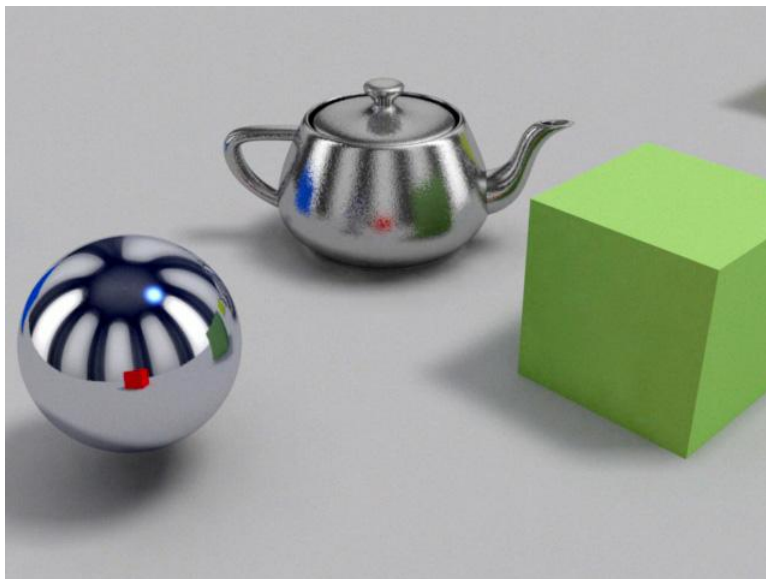
Kuva 10: Ambient Occlusion -varjot Default Scanline -renderöijällä toteutettuna.

4 MATERIAALIT

4.1 Standard-materiaalit

Standard-materiaalit tarjoavat yksinkertaisen tavan kappaleen pinnan esittämiseen. Ilman varsinaisia tekstuureja standard-materiaali antaa kappaleelle tasaisen väripinnan. Tämä väri saavutetaan käyttämällä neljää värikomponenttia: Ambient-väriä, jossa pinta on valaistu vain ambient-valolla tai jolloin pinta on varjossa, Diffuse-väriä, jossa pinta on täysin valaistu, Specular-väriä, joka määrää kiiltävän pinnan kirkkaimmat kohdat, sekä Filter-väriä, joka määrää kappaleen läpi näkyvän valon värin. Standard-materiaalit toimivat parhaiten Default scanline -renderöijän kanssa.

Tavallinen Standard-materiaali ei tarjoa mahdollisuutta ympäristön heijastumiseen, vaan tähän on käytettävä Raytrace-materiaalia (kuva 11).



Kuva 11: Standard-materiaali sekä heijastava Raytrace-materiaali Default Scanline -renderöijällä toteutettuna.

4.2 Mental ray -materiaalit

3ds Max:ssa on useita eri tyyppisiä mental ray -materiaaleja jotka ovat erikoistuneet eri tyyppisten materiaalien, kuten metallin ja lasin simuloimiseen. Tavallinen mental ray -materiaali on monipuolinen ja mahdollistaa vain mental rayta varten kustomoitujen materiaalien luomisen, kuten iho- tai vesi-materiaalin.

Architectural-materiaali soveltuu moniin eri arkkitehtuurissa ja tuotesuunnittelussa käytettäviin koviin pintoihin, kuten metalliin, puuhun ja lasiin. Paint-materiaalilla voidaan simuloida maalattuja pintoja, kuten auton maalipintaa. Dielectric-materiaali jäljittelee läpinäkyviä sekä valoa hajottavia materiaaleja. Arch & Desing on monipuolinen ja rendausajaltaa optimoitu arkkitehtisuunnitteluun soveltuva materiaali (kuva 12), joka mahdollistaa mm. itsevalaisevan materiaalin käytön. (3ds Max Help 2013)

Heijastukset Arch & Design -materiaaleissa voidaan toteuttaa joko heijastamalla varsinainen ympäristö tai vain valojen huippukohdat. Ympäristöä heijastettaessa käytetään raytrace-heijastuksia, jotka käyttävät säteitä heijastuksen laskemiseen. Arch & Design -materiaalin asetuksissa on mahdollista asettaa näiden säteiden lukumäärä; mitä suurempi määrä säteitä, sitä laadukkaampi heijastus sekä pidempi renderöintiaika. Jos käytössä on peilimäinen, täydellisen terävä heijastus säteitä on aina käytössä vain yksi. Nämä terävät heijastukset ovat renderöintiajallisesti optimaalisempia. Mikäli ympäristön heijastaminen ei ole materiaalissa oleellista, mutta halutaan silti saavuttaa kiiltävältä vaikuttava pinta, optimaalisin vaihtoehto on käyttää vain valojen huippukohtien heijastuksia.



Kuva 12: Arch & Design -materiaaleja.

Eräs Arch & Desing -materiaalien optimoinnin kannalta hyödyllinen toiminto on heijastettavien kappaleiden etäisyyden määrittämisen mahdollisuus. Tällä toiminnolla on mahdollista asettaa materiaali heijastamaan vain tietyn etäisyyden

sisällä olevat kappaleet, mikä on usein riittävää himmeissä heijastuksissa, jotka eivät muutenkaan pystyisi heijastamaan kaukana olevia kappaleita tarkasti. Tämä yhdistettynä ennalta renderöidyn heijastus-kartan käyttöön antaa hyvät edellytykset Arch & Design -materiaalien heijastuksien optimointiin.

4.3 Render To Texture -toiminto

Render To Texture -toiminnolla on mahdollista nopeuttaa materiaalien renderöintiä. Jos käytössä on esimerkiksi useita maskeja sekä tasoja sisältäviä materiaaleja, kuten Blend- tai Composite-materiaaleja, Render To Texture -toiminnolla voidaan luoda näistä materiaaleista yksinkertaistettu, yhteen bittikarttaan typistetty versio. Tätä toimintoa kutsutaan myös materiaalin rasteroimiseksi. Varsinkin monimutkaiset maskit materiaaleissa saattavat hidastaa renderöintiä huomattavasti, jolloin materiaalin yhtenäiseksi bittikartaksi muuttaminen on erityisen edullista renderöintiäikaan nähden. Myös paljon geometriaa sisältävät, mutta silti litteät pinnat voivat hyötyä Render To Texture -toiminnosta renderöimällä kappaleen pinnan geometriasta Bump- tai Normal-kartan, joista ilmenee kappaleen yksityiskohtien korkeus. Tällaisten karttojen avulla on mahdollista saada kappaleen näyttämään yksityiskohtaiselta ilman varsinaista geometriaa käyttämällä tällaista karttaa materiaalien Bump-toiminnossa.

5 RENDERÖINTIASETUKSET

5.1 Global Illumination

Global Illumination on eräs mental rayn tapa tuottaa epäsuoraa valoa. Se käyttää fotoneja, jotka ammutaan suoraan valoista 3d-ympäristöön, jossa ne kimpoilevat oikeaa valon kimpoilua simuloiden (kuva 13). Fotonien kimpoilu lasketaan ennen varsinaista renderausta erillisenä operaationa, ja se on myös mahdollista tallentaa erillisenä fotonikarttana. Valaistuksen tarkkuutta säädetään määrittämällä fotonien määrä tietyllä näytteenottoalueella. (Steen 2007)

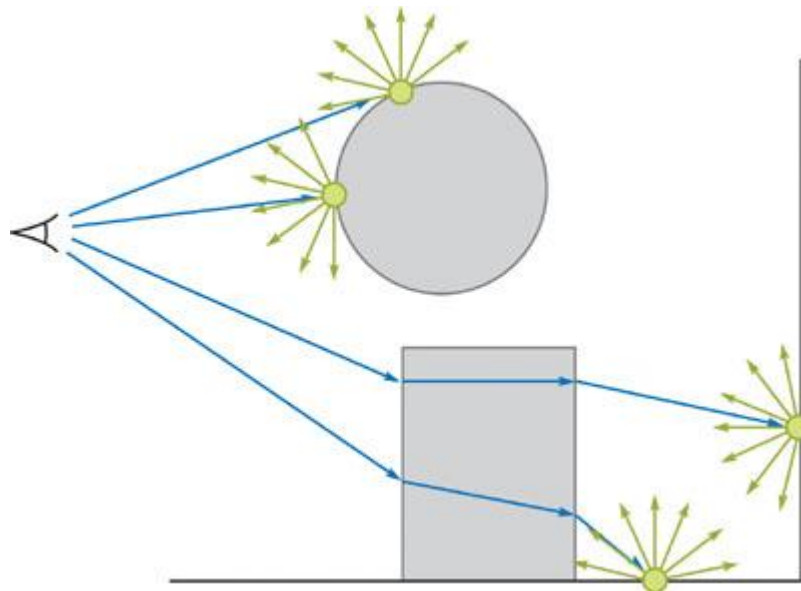


Kuva 13: Parkkihalli mental ray -renderöijällä toteutettuna. Ylemmässä kuvassa ilman epäsuoraa valaistusta, renderausaika 4 minuuttia 54 sekuntia. Alemmassa kuvassa on käytössä Global Illumination, renderausaika 7 minuuttia 4 sekuntia.

5.2 Final Gather

Final Gather on yksinkertaistettu tapa luoda epäsuoraa valaistusta 3d-ympäristöön (kuva 15). Se laskee valon kimpoilun ampumalla Final Gather -säteen kamerasta 3d-kappaleeseen. Kohtaan, johon säde osuu, muodostetaan Final Gather -piste, josta säde kimpoaa määritellyn lukumäärän verran ympäristöön (kuva 14). Final Gatheriä säädetään määritämällä Final Gather -pisteiden tiheys, siitä lähtevien säteiden määrä sekä säteiden kimpoilujen määrä. Helpoimillaan Final Gatherin säätäminen tapahtuu vain yhtä liikusäädintä käyttämällä, joka asettaa automaattisesti kaikki asetukset pois lukien kimpoilujen lukumäärän. Kimpoilujen vähimmäismäärä on silti aina 1.

Renderöidessä Final Gather luo ensin karkea kuvan rendattavasta kuvasta, joka sisältää tiedon sen laskemasta epäsuorasta valaistuksesta. Tämä kuva on myös mahdollista tallentaa erillisenä Final Gather -karttana, jota voidaan käyttää rendauksessa myöhemmin. Tämä mahdollistaa epäsuoran valaistuksen laskemisen erillisenä rendauksena. Animaatiossa jossa on liikkuva kamera Final Gather pystyy myös jakamaan kamerasäteen liikkeen käyttäjän määrittelemiin osiin, joka vähentää mahdollista epäsuoran valon ”vilkkumista”. (3ds Max Help 2013)



Kuva 14: Kamerasta lähtevien Final Gather -säteiden kimpoilu.



Kuva 15: Parkkihalli mental ray -renderöijällä toteutettuna, Final Gather käytössä, rendausaika 8 minuuttia 44 sekuntia.

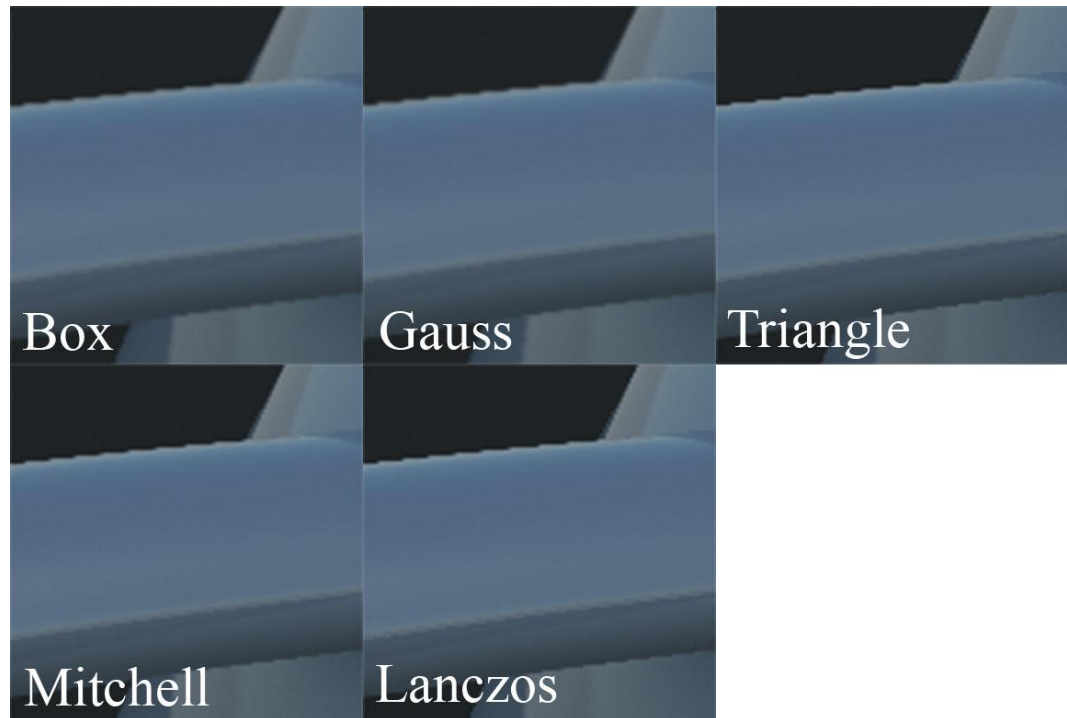
5.3 Radiosity

Radiosity on Default Scanline -renderöijän tapa tuottaa epäsuoraa valaistusta.

Tällä tavalla tuotettu epäsuora valaistus vaatii Final Gather sekä Global Illumination -toimintoihin verrattuna lisätoimenpiteen, jossa valaistujen objektien pinnat jaetaan useisiin osiin. Tämän jälkeen valonlähteistä piiretään säteitä, jotka kimpoilevat sattumanvaraisesti 3d-ympäristössä ja kappaleisiin osuessaan tallentavat kappaleen pintaan osuvan valon määrän suoraan geometriaan. Mitä pienempiin osiin kappaleen pinta on jaettu, sitä tarkempi valaistus on mahdollista tuottaa.

5.4 Näytteenotto

Näytteenotto määrää renderöitävän kuvan reunanpehmennyksen (eng. antialiasing) laadun. Mental rayn näytteenotto-asetus ilmoittaa alueen jolta näytteitä otetaan pikseleinä. Mental ray laskee tältä alueelta 3d-kappaleen reunalla olevan pikselin värille tietyn keskiarvon käyttäen valittua algoritmia. Nämä algoritmit ovat Box, Gauss, Triangle, Mitchell ja Lanczos. Eri algoritmit antavat erilaisen lopputuloksen (kuva 16) ja ne eroavat toisistaan myös renderöintiajallisesti. Näytteenottoalueen koko sekä valittu algoritmi vaikuttavat merkittävästi rendatun kuvan laatuun sekä rendaukseen kuluvaan aikaan.



Kuva 16: Eri algoritmien reunanpehmennys.

5.5 Liike- sekä syvyyspäterävyys

Liike-epäterävyyttä käytetään sumentamaan liikkuvia kappaleita oikeaa kameraa simuloiden. Se tuo 3d-animaatioon lisää sulavuutta ja antaa huomattavasti realistisemmän vaikutelman nopeita liikkeitä sisältävissä animaatioissa.

Liike-epäterävyys voidaan toteuttaa ottamalla näytteitä renderöitävästä kappaleesta animaation eri kohdissa. Tällöin mitä suurempi ero kappaleen sijainnissa on kahden peräkkäisen kuvan välillä, sitä vahvemmin se sumennetaan. Tällä tavalla toteutettuna myös kameran suhteen oleva liike otetaan huomioon liike-epäterävyyttä laskettaessa (kuva 17).

Toinen, renderöintiajallisesti nopeampi tapa toteuttaa liike-epäterävyys on käyttää kappaleen varsinaista nopeutta 3d-ympäristössä. Tällöin vain animoidut kappaleet sumennetaan eikä kameran liikettä huomioida (kuva 17).



Kuva 17: Ylemmässä kuvassa liike-epäterävyys on tuotettu näytteiden avulla ja alemmassa kuvassa kappaleen liikkeen avulla. Vain ylemmässä kuvassa liike-epäterävyys huomioi myös kameran liikkeen aiheuttaman sumennuksen.

Syvyyspäterävyyttä, eli kameran tarkennuksesta aiheutuvaa epäterävyyttä, voidaan simuloida joko käyttämällä mental rayn omaa Depth of Field -toimintoa, joka renderöi syvyyspäterävyyden suoraan rendattavaan kuvaan annettujen

parametrien perusteella, tai käyttämällä Render Elements –toiminnosta saatavaa Z-Depth –elementtiä. Z-Depth –elementti luo bittikartan, josta käy ilmi jokaisen pikselin etäisyys kamerasta, jota voi käyttää jälkikäsittelyssä syvyyspäterävyyden luomiseen. Jälkikäsittelyssä tehtävässä syvyyspäterävyydessä ilmenee usein enemmän virheitä kuin jos se renderöitäisiin suoraan kuvaan, mutta renderöintiajallisesti etu on huomattava.

Mental rayn Depth of Field –toiminnon laatu määräytyy sille annetun sample- eli näytteenottoarvon mukaan; mitä enemmän näytteitä, sitä parempilaatuinen epäterävyys on. Optimointimahdollisuuksista huolimatta tämä toiminto on renderöintiajallisesti raskas varsinkin animaatiota renderöitäessä. Pitkiä animaatioita, joihin ehdottomasti tarvitaan syvyyspäterävyyttä, on usein huomattavasti nopeampaa käyttää Z-Depth -elementtiä ja kompositoida syvyyspäterävyys jälkikäsittelyvaiheessa.

6 CASE: PARKKIHALLI

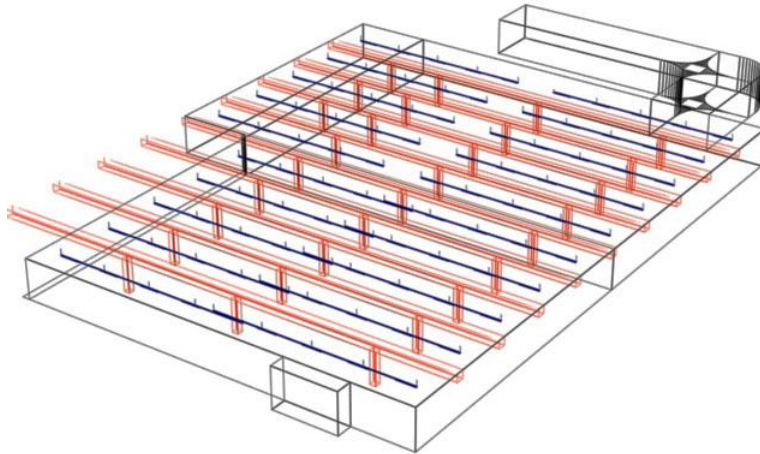
6.1 Parkkihalliprojekti

Tämän case-osion tarkoituksena on tuottaa lyhyt esitys optimoidusta animaatiosta mental ray -renderöijää käyttäen. Animaation rendaukseen on ollut mahdollista käyttää vain yhtä työasemaa, joten renderöintiajan optimointi on tarkoitus ottaa erityisesti huomioon. Animaation aiheena on parkkihallin esittely. Case-osiossa käytettyjä tekniikoita on myös hyödynnetty Crate Interactive Oy:n tuottamissa 3d-animaatioissa. Renderöintilaitteistona toimii Intel Core i7 2600K -prosessori, 16 gigatavua keskusmuistia sekä Nvidia Geforce GTX 560 Ti -näytönohjain.

6.2 Ympäristön ja kappaleiden mallinnus

Animaation renderöinnin optimoinnin kannalta edullisin tapa sisätilan mallinnukseen on käyttää mahdollisimman vähän geometriaa ympäristön kappaleissa. Still-kuviin verrattuna animaatiosta on vaikeampi erottaa yksinkertaisia 3d-malleja, varsinkin jos niitä käytetään animaation taustalla. Kappaleissa ja ympäristön kohdissa, joihin animaatio keskittyy, on silti parempi käyttää yksityiskohtaisempia 3d-malleja. Toisaalta geometrian määrä ei yksinään vaikuta yksinkertaisen animaation renderöintinopeuteen kovinkaan merkittävästi, mutta jos runsaasti geometriaa sisältäviä kappaleita animoidaan, se voi aiheuttaa renderöinnissä translaatio-vaiheen hidastumista. Paljon geometriaa sisältävä 3d-ympäristö myös hidastaa varsinaista animaation työstämistä hidastamalla 3ds Maxin viewport-ikkunoiden ruodunpäivitysnopeutta.

Case-osion ensimmäinen käytännön vaihe on mallintaa maanalainen parkkihalli käyttämällä mahdollisimman vähän geometriaa optimaalisen ulkonäön ja renderöintinopeuden saavuttamiseksi (kuva 18).



Kuva 18: Wireframe-kuva parkkihallista.

Käyttämällä tasaisia pintoja lattiassa, seinissä ja katossa saadaan aikaan mahdollisimman yksinkertainen hallin perusrakenne. Pilarit, ilmastointiputket sekä katossa olevat loisteputket ovat kaikki samanlaisia, joten niissä on käytössä instanssit.

Seuraavaksi halliin sijoitetaan autot. Animaatiossa on käytössä kaksi erilaista mallia jokaisesta autosta; paljon geometriaa sisältävä yksityiskohtainen malli, jota käytetään lähellä kameraa olevissa autoissa, sekä yksinkertaisempi malli, jota käytetään kauempana taustalla olevissa autoissa (kuva 19). Autojen geometriat ovat myös instansseja toisistaan, ja vain materiaalit ovat niissä erilaisia.



Kuva 19: Ylhäällä runsaasti geometriaa sisältävä auton 3d-malli, alhaalla yksinkertaistettu versio.

6.3 Materiaalien optimointi

Materiaalit ovat animaation renderöinnin optimoinnin kannalta ehkä tärkein ja vaikutusvaltaisin tekijä käytettävien materiaalien tyypeistä riippuen. Esimerkiksi heijastavat tai läpikuultavat materiaalit aiheuttavat helposti renderöinnin hidastumista, joten näiden optimointiin tulisi kiinnittää erityistä huomiota. Ennen materiaalien varsinaista optimointia on hyödyllistä myös renderöidä korkealaatuisia materiaaleja sekä Final Gather -toiminnolla toteutetun epäsuoran valaistuksen sisältäviä still-kuvia animaation ympäristöstä, joita voi käyttää referensseinä materiaaleja optimoidessa (kuva 20).



Kuva 20: Referenssikuva, jossa on käytetty korkealaatuisia materiaaleja.

Materiaalien heijastukset voidaan toteuttaa kahdella eri tavalla; heijastamalla varsinaisen 3d-ympäristön tai vain valojen huippukohdat. Ympäristön heijastaminen on raskaampi tapa ja vaatii raytrace-materiaalin, kuten mental rayn Arch & Design -materiaalin (kuva 21). Näiden raytrace-heijastusten sijaan voidaan käyttää vain valojen huippukohtia heijastuksissa, mikä nopeuttaa renderöintiä huomattavasti, mutta tämä myös yksinkertaistaa heijastuksia. Jos materiaalissa on erittäin sumea ja heikko heijastus, kuten parkkihallin lattia, seinät ja katto, raytrace-heijastuksia ei ole optimaalista käyttää näissä materiaaleissa.

Eräs tapa optimoida ympäristön heijastukset on käyttää animaatioissa käytetystä 3d-ympäristöstä ennalta renderöityä bittikarttaa materiaalin heijastuskarttana. Tällä tavoin tehdyt heijastukset ovat staattisia eivätkä muutu animaation kulkiessa kuten raytrace-heijastukset, mutta ne ovat renderöintinopeudeltaan huomattavasti optimaalisempia (kuva 22).



Kuva 21: Arch & Desing -materiaalin raytrace-heijastukset joissa käytössä 16 sädettä, renderöintiäika 9min 2sek.



Kuva 22: Arch & Desing -materiaalin raytrace-heijastukset, käytössä 1 säde sekä heijastuskartta, renderöintiäika 4 min 10 sek.

6.4 Valaistuksen optimointi

6.4.1 Valo- ja varjotyyppien valitseminen

Realistisen vaikutelman aikaansaamiseksi parkkihallin valaistuksessa on aluksi hyödyllistä käyttää samantyyppisiä valoja, joita hallissa olisi käytössä oikeassa elämässä. Tässä tapauksessa nämä valot ovat pitkiä loisteputkia hallin katossa. Tällaisia valoja voidaan simuloida käyttämällä pitkän nelikulmion muotoisia

aluevaloja. Nämä valot eivät ole kovin optimaalisia renderöintinopeuden suhteen, mutta niitä voidaan käyttää referenssitarkoituksessa optimoitua valaistusta suunnitellessa. Näissä valoissa on myös käytössä raytrace-varjot, joilla saadaan mahdollisimman realistinen lopputulos. Nämä aluevalot valot ovat käytössä kuvassa 20.

Optimoidussa animaatioissa aluevalot vaihdetaan pistemäisiin valoihin (kuva 23). Koska animaation heijastavissa materiaaleissa on käytössä yhdellä säteellä toteutettu raytrace-heijastus, voidaan valojen huippukohtat kytkeä pois käytöstä ja käyttää sen sijaan itseheijastavaa Arch & Desing -materiaalia loisteputken materiaalina. Tällöin saadaan aikaan samantyyppinen heijastus kuin aluevaloja käyttämällä, mutta huomattavasti lyhyemmällä renderausajalla. Haittana valojen huippukohtien puuttumisella on heijastusten puuttuminen. Materiaalit joissa on käytössä raytrace-heijastuksien sijaan pelkästään vain huippukohtat heijastavaa Arch & Desing -materiaali ei heijasta tällöin valoja ollenkaan. Jos huippukohtien heijastusten puuttuminen heikentää animaation laatua huomattavasti, on mahdollista käyttää valoja joissa on ainoastaan huippukohtat kytkettynä käyttöön. Tällöin nämä valot eivät vaikuta animaation yleiseen valaistukseen ja varsinkin ilman varjoja käytettynä eivät pidennä renderausaikaa merkittävästi, mutta ne voivat antaa huomattavan parannuksen tiettyjen materiaalien ulkonäköön. Tätä tapaa käytettäessä on muistettava poistaa valojen heijastuksien näkyvyys raytrace-materiaaleilla varustettuihin kappaleisiin. Muutoin nämä kappaleet heijastavat niin mallinnetujen valojen itsevalaisevat materiaalit sekä valojen huippukohtat. Useimmissa tapauksissa tämä ei olisi realistinen efekti.

Varjoina on käytössä Mental Ray shadow map -varjot, eli varjokartta. Näillä varjoilla on mahdollista toteuttaa pehmeäreunaisia varjoja, jotka eivät ole yhtä tarkkoja ja realistisia kuin aluevaloilla tuotetut raytrace-varjot, mutta renderöintiaika on huomattavasti raytrace-varjoja lyhyempi. Mental Ray shadow map -varjojen tummuutta on myös mahdollista muokata, mikä auttaa epäsuoran valaistuksen vaikutuksen imitoimisessa (kuva 23).



Kuva 23: Pistemäiset valot sekä mental ray Shadow Map –varjot.

6.4.2 Epäsuoran valaistuksen ratkaisut

Referenssikuvassa käytetyn Final Gather -toiminnon tuottama epäsuora valaistus on animaation renderöinnin kannalta liian raskas. Final Gather vaatii sitä enemmän tarkkuutta, ja täten myös renderöintiaikaa, mitä pidempää kamera-ajoa animaatioissa käytetään. Tässä case-osiossa tuotettavassa animaatioissa on sen sijaan käytetty tavallisia valoja korvaamaan oikeaa epäsuoraa valaistusta.

Sijoittamalla vain Ambient-valoa käyttäviä omni-valoja ympäristön pinnoille, joista voi olettaa kimpoavan paljon epäsuoraa valoa, on mahdollista valaista varjoon jääviä kohtia hieman samalla tavoin kuin Final Gather -toiminnoilla (kuva 24). Tällä tavoin ei kuitenkaan voida tuottaa yksityiskohtaista valon kimpoilua Final Gatherin tapaan, mutta renderöintiaika lyhenee huomattavasti.

Eräs tapa imitoida epäsuorasta valaistuksesta aiheutuvia varjoja on käyttää Ambient-valoa käyttävien valojen Light Shader -toimintoa sekä mental rayn Ambien Occlusion -shaderiä. Tällä tavoin voidaan luoda varjoon jäävän geometrian nurkkakohtiin varjoja lyhyellä renderausajalla.



Kuva 24: Epäsuoran valaistuksen imitointi Ambient-valoa säteilevän sekä ambient occlusion -varjoja käyttävän omni-valon avulla. Renderöintiäika 2 min 14 sek.

6.5 Renderöintiasetuksien optimointi

Eräs tärkein ominaisuus renderöintiasetuksissa optimoinnin kannalta on reunanpehmennyksen laatu (eng. sampling rate), joka määrittää renderöidystä kuvasta otettujen näytteiden minimimäärän ja maksimimäärän mukaan jokaista pikseliä kohden. Mitä enemmän näytteitä otetaan, sitä vähemmän renderöidyssä kuvassa on havaittavissa 3d-grafiikalle tyypillisiä ”sahalaitoja” geometrian reunoissa, ja sitä pidempi renderöintiajasta tulee. Myös reunanpehmennyksessä käytettävä algoritmi vaikuttaa niin kuvanlaatuun kuin renderöintiäikaankin. Oletuksena mental ray käyttää Box-algoritmia, joka on nopea ja tuottaa terävän kuvan. Optimoiduilla näytteiden määrällä Box-algoritmin tuottava reunanpehmennys (kuva 25) saatta tosin näyttää liian rosoiselta, joten tässä case-osiossa on käytetty Gauss-algoritmia, joka tuottaa sumuisempaa reunanpehmennystä vain pienellä renderöintiajan lisäyksellä (kuva 26). Koska animaation tarkoitus on näyttää realistiselta ja se sisältää liikkuvan kameran sekä liikkuvia kappaleita, sumuisuus on hyväksyttävää liike-epäterävyyteen vedoten.



Kuva 25: Box-algoritmi, renderöintiaika 2 min 13sek.



Kuva 26: Gauss-algoritmi, renderöintiaika 2 min 14 sek .

Varsinainen liike-epäterävyys on optimaalisinta tuottaa mental rayn Camera Shader -toiminnolla käyttämällä sen Output-kohdassa HDR Image Motion Blur -karttaa (kuva 28). Tällä tavoin toteutettuna liike-epäterävyyttä ei renderöidä suoraan kuvaan näytteitä ottamalla, vaan se tuotetaan vasta varsinaisen renderöinnin jälkeen pikseleiden liikkeestä. Tämä tapa on huomattavasti nopeampi, mutta myös epätarkempi, kuin näytteiden avulla tehty liike-epäterävyys (kuva 27).



Kuva 27: Näytteiden avulla tuotettu liike-epäterävyys, renderöintiaika 9 min 10 sek.



Kuva 28: HDR Image Motion Blur -kartalla tuotettu liike-epäterävyys, renderöintiaika 2 min 25 sek.

6.6 Lopputulokset

Korvaamalla ympäristön heijastukset heijastuskartalla, asettamalla heijastuksien etäisyydet, korvaamalla pehmeät raytrace-varjot pistemäisillä valoilla ja varjokartoilla sekä korvaamalla epäsuora valaistus Ambient valoa säteilevällä omni-valolla ja Ambient Occlusion -toiminnolla saavutetaan 4 minuutin 6 sekunnin renderöintiaika 1280 x 720 –resoluution kuvalle. Referenssikuvana käytetyn kuvan renderöintiaika samalla resoluutiolla on 19 minuttia 22 sekuntia.

Optimoidun version (kuva 29) renderöintiaika on noin 4,7 kertaa lyhyempi kuin alkuperäisen version.



Kuva 29: Lopullinen optimoitu versio 1280 x 720 -resoluutiolla, renderöintiaika 4 min 6 sek

6.7 Yhteenveto

Vaikka tietokoneiden prosessointiteho kasvaa yleisesti koko ajan, 3d-animaation renderöinnin optimointia voidaan silti pitää erittäin tärkeänä tekijänä varsinkin silloin, kun resurssit tai aika ovat rajatut. Tämän opinnäytetyön tarkoituksena oli tutkia optimointiin käytettäviä tekniikoita varsinkin 3ds maxin mental ray -renderöijän suhteen. Erityisesti valaistuksen, varjojen ja materiaalien optimointiin tulee kiinnittää huomiota mahdollisimman lyhyttä renderöintiaikaa haluttaessa.

Optimointi on erityisen tärkeässä asemassa pienen 3d-animaatiota tuottavan yrityksen näkökannalta, jossa tuotteen laatu on pidettävä mahdollisimman korkealla, mutta renderöintiin käytettävä laitteisto on vielä rajoitettu yksittäisiin työasemiin. Suurempia, useista keskusyksiköistä muodostuvia renderöintifarmeja käytettäessä optimoinnin asema ei ole yhtä merkittävä, mutta optimointi auttaa silti saavuttamaan uusia tasoja tuotetun grafiikan laadussa.

Tässä opinnäytetyössä esiteltyjä optimointitekniikoita käytetään Crate Interactive Oy:n tuottamassa 3d-grafiikassa. Nämä tekniikan ovat auttaneet nostamaan tuotetun grafiikan laatua sekä alentamaan renderöintiaikoja, mikä on

mahdollistanut mm. monimutkaisempien 3d-animaatioiden toteuttamisen. Animaation renderöinnin optimointi on prosessointitehon lisäämisen kanssa merkittävimpiä tekijöitä yhtiön 3d-animaation tason kehittymisen kannalta.

LÄHTEET

Livny, B. 2007. Mental Ray for Maya, 3Ds Max and XSI a 3D Artist's Guide to Rendering. Indianapolis: Wiley Publishing, inc.

Steen, J. 2007. Redering with Mental Ray & 3ds Max. Amsterdam: Elsevier/Focal Press.

SÄHKÖISET LÄHTEET

3ds Max Help 2013: Extension for Autodesk 3ds Max 2013. [viitattu 26.3.2013]
Saataavilla: <http://docs.autodesk.com/3DSMAX/15/ENU/3ds-Max-Help/index.html>

NVIDIA mental ray 2013: NVIDIA ARC GmbH.[viitattu 26.3.2013]. Saataavilla:
<https://www.mentalimages.com/products.html>

Raytracing 2013: SIGGRAPH. [viitattu 15.1.2013]. Saataavilla:
<http://www.siggraph.org>

KUVALÄHTEET

1-13 Timo Ketonen, renderöinti

14 GPU Gems 2: Toshiya Hachisuka. Saataavilla:
http://developer.nvidia.com/GPUGems2/gpugems2_chapter38.html

15-28 Timo Ketonen, renderöinti

LIITTEET